

Atty. Dkt No.
33035M084

#4
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Seiji Yaegashi, et al.
Serial No. : 10/026,950 Art Unit : 2811
Filed : December 27, 2001 Examiner : To Be Assigned
For : HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTOR AND METHOD
OF MAKING HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTOR

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY TRANSMITTAL

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

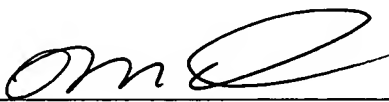
Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Appln. 2000-398417 filed in Japan on December 27, 2000.

In support of this priority claim, Applicants submit herewith a certified copy of the priority application.

Respectfully submitted,

SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP

By:


Michael A. Makuch, Reg. No. 32,263
1850 M Street, N.W., Suite 800
Washington, D.C. 20036
TEL: (202) 659-2811
FAX: (202) 659-1462

Date: April 15, 2002



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-398417

出 願 人

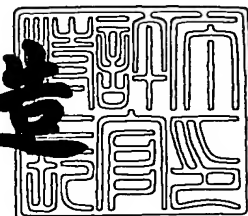
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

2001年 8月24日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3075242

【書類名】 特許願

【整理番号】 100Y0424

【提出日】 平成12年12月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/331
H01L 29/205

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 八重樫 誠司

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 小谷 謙司

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 柳沢 昌輝

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 矢野 浩

【特許出願人】

 【識別番号】 000002130

 【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088155

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【選任した代理人】

【識別番号】 100108257

【弁理士】

【氏名又は名称】 近藤 伊知良

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001754

【プールの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 バイポーラトランジスタ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 バイポーラトランジスタの製造方法であって、

エミッタを形成するためのマスクを用いてマスク層を化合物半導体層上に形成するステップと、

前記マスク層を用いて前記化合物半導体層をウェットエッチングして、エミッタ領域を形成するステップとを備え、

前記マスクは、形成されるべきエミッタ領域の形状に対応し複数の頂点により構成される第 1 の平面領域と、前記第 1 の領域に隣接するように配置される複数の第 2 の平面領域とを有し、

前記第 2 の平面領域の各々は、鋭角を形成するように設けられた第 1 の辺および第 2 の辺と、前記第 1 の平面領域に対面する第 3 の辺とを含む、バイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項 2】 前記エミッタ領域は、第 1 の軸方向に伸びる一対の線と、前記第 1 の軸と交差する第 2 の軸方向に伸びる一対の別の線とによって規定される、請求項 1 に記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項 3】 前記マスク層は、前記化合物半導体層の結晶軸〔0 1 1〕方向に沿って前記第 1 の軸が伸びるように形成される、請求項 2 に記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項 4】 前記第 1 の平面領域は、第 1 の軸方向に伸びる一対の線と、前記第 1 の軸と交差する第 2 の軸方向に伸びる一対の別の線とによって規定され、

前記第 2 の平面領域の各々は、その第 1 の辺を前記一対の線のいずれか 1 つの線上に重ね合わせるように設けられている、請求項 1 に記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項 5】 前記第 1 の平面領域は、第 1 の軸方向に伸びる一対の線と、前記第 1 の軸と交差する第 2 の軸方向に伸びる一対の別の線とによって規定され

前記第 2 の平面領域の各々は、その第 1 の辺を前記一对の線および前記一对の別の線のいずれか 1 つの線上に重ね合わせるように設けられている、請求項 1 に記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項 6】 前記ウエットエッチングでは、前記一对の線に対応するエミッタ縁には逆メサ構造が形成されると共に、前記一对の別の線に対応するエミッタ縁には順メサ構造が形成される、請求項 2 に記載のバイポーラトランジスタの製造方法。

【請求項 7】 化合物半導体バイポーラトランジスタであって、
 基板上に設けられたコレクタと、
 前記コレクタ上に形成されたベースと、
 前記ベース上にあって、第 1 の軸に沿って伸びる一对の線と、前記第 1 の軸と交差する第 2 の軸に沿って伸びる一对の別の線とによって囲まれる領域に設けられたエミッタと
 を備え、

前記一对の線に対応するエミッタ縁は逆メサ構造であり、前記一对の別の線に対応するエミッタ縁は順メサ構造である、化合物半導体バイポーラトランジスタ

【請求項 8】 前記エミッタは、エミッタのための半導体領域の結晶軸〔0 1 1〕方向に沿って前記第 1 の軸が伸びるように設けられている、請求項 7 に記載の化合物半導体バイポーラトランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、バイポーラトランジスタ(Bipolar Transistor: B T)の製造方法及び化合物半導体バイポーラトランジスタに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(Hetero junction Bipolar Transistor:

HBT)は、電流利得が高く、且つ高周波特性に優れるので、高速光通信システムの送受信器用の増幅器として利用されるようになりつつある。HBTは優れた特性を示す。その理由は、ベース領域のエネルギーバンドギャップ(E_g)よりも大きい半導体材料からエミッタ領域が構成されるため、ベース領域のキャリア濃度を高くしてもエミッタ注入効率を高く維持できるからである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、それでも尚、高利得特性及び高周波特性を悪化させる要因は種々ある。それらを排除するために様々な対策が提案されてきた。例えば、特開平5-48078号公報及び特開平8-139101号公報には、エミッタ領域の一对の辺に逆メサ状構造が形成されるHBTが開示されている。このような形状とすることにより、エミッターベース間の漏洩電流が低減される。故に、高周波特性に優れたHBTが実現され得る。

【0004】

図8(a)は、従来のHBTの一例構造を示す平面図である。図8(b)は、図8(a)におけるIV-IV線に沿った断面図である。

【0005】

図8(b)に示すように、一对の辺に逆メサ構造が形成されるエミッタ領域61を形成するには、先ず、エピタキシャル成長したエミッタ層上にエッチング用のマスク層を形成する。そのマスク層は、〔011〕方向に向いた長方形である。その後、異方性ウェットエッチングを行なうと、逆メサ構造の縁を有するエミッタ領域61が得られる。しかしながら、異方性ウェットエッチングによりエミッタ領域61を形成する場合には、エッチングの速度が結晶の面方位により異なるために、エミッタ領域61の形状は図8(a)に示すような六角形となる。ここで、図8(a)にEで示した角は、結晶の面方位を反映して 90° となる。

【0006】

HBTにおいて、引き出し配線63は、エミッタ領域61上に設けられたエミッタ電極62と外部回路とを接続するのに用いられ、通常、エミッタ領域61の長手方向に沿って延在するよう設けられる。したがって、エミッタ領域61の形

状が六角形である場合には、引き出し配線 6 3 はこの六角形の直角部上を通過することになる。このとき、引き出し配線 6 3 には、この直角部との接触部には、他の部分に比べ大きな応力がかかる。そのため、信頼性試験に長い時間を要することとなっていた。

【 0 0 0 7 】

エミッタ領域の形状が六角形である場合には、エミッタ領域の下部に設けられるベース領域の面積は、大きくせざるを得ない。ベース領域の面積が大きいと、ベース領域とベース領域の下部に設けられるコレクタ領域との間に生じる接合容量(以下、ベース-コレクタ間容量とする)が大きくなってしまう。このため、HBTの動作速度の低下を招いてしまうという問題があった。

【 0 0 0 8 】

また、上述のような問題点を回避するために、特開平 5 - 2 4 3 2 5 7 号公報には、エミッタ領域を〔 0 0 1 〕方向に向けて設ける形態が提案されている。このようにすれば、エミッタ領域の形状は長方形となる。しかし、この場合には、エミッタ領域のいずれの辺も逆メサ構造とはならない。そこで、自己整合プロセスにより電極を形成するためには、エミッタ領域の上部にエミッタキャップ層を設けた後、さらに、エミッタ領域の側面をサイドエッチングしなければならなかった。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、高周波特性に優れた HBT を作製する方法及び HBT を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るバイポーラトランジスタの製造方法は、バイポーラトランジスタの製造方法であって、エミッタを形成するためのマスクを用いてマスク層を化合物半導体層上に形成するステップと、マスク層を用いて化合物半導体層をウエットエッチングしてエミッタ領域を形成するステップとを備える。マスクは、形成されるべきエミッタ領域の形状に対応し複数の頂点により構成される第 1 の平面領域と、この第 1 の領域に隣接するように配置される複数の第 2 の平面領域とを

有する。第2の平面領域の各々は、鋭角を形成するように設けられた第1の辺および第2の辺と、第1の平面領域に対面する第3の辺とを含んでいる。このようなマスクを用いることにより、第1の平面領域に対応した形状のエミッタ領域をウエットエッチングにより形成し得る。

【0011】

上記のエミッタ領域は、第1の軸方向に伸びる一对の線と、この第1の軸と交差する第2の軸方向に伸びる一对の別の線とによって規定されることを特徴としても良い。これにより、四辺形のエミッタ領域が得られる。

【0012】

上記のマスク層は、化合物半導体層の結晶軸〔011〕方向に沿って上記の第1の軸が伸びるように形成されると好ましい。これにより、結晶軸〔011〕方向に伸びるエミッタ縁には逆メサ構造が形成され得る。

【0013】

上記のマスクの第1及び第2の平面領域は、以下のような形態を有するようにできる。これにより、第1の平面形状が反映されたエミッタ領域の形状が得られる。第1の平面領域は、第1の軸方向に伸びる一对の線と、上記の第1の軸と交差する第2の軸方向に伸びる一对の別の線とによって規定され、第2の平面領域の各々は、その第1の辺を上記の一对の線のいずれか1つの線上に重ね合わせるように設けられているようにしてよい。

【0014】

また、第1の平面領域は、第1の軸方向に伸びる一对の線と、第1の軸と交差する第2の軸方向に伸びる一对の別の線とによって規定される。上記の第2の平面領域の各々は、その第1の辺を一对の線および一对の別の線のいずれか1つの線上に重ね合わせるように設けられているようにしてもよい。

【0015】

ウエットエッチングでは、上記の一对の線に対応するエミッタ縁には逆メサ構造が形成されると共に、上記の一对の別の線に対応するエミッタ縁には順メサ構造が形成されると好ましい。これにより、エミッタ領域及びベース領域に対する電極を容易に形成し得る。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る化合物半導体バイポーラトランジスタは、基板上に設けられたコレクタと、コレクタ上に形成されたベースと、このベース上にあって、上記の第1の軸に沿って伸びる一对の線と、この第1の軸と交差する第2の軸に沿って伸びる一对の別の線とによって囲まれる領域に設けられたエミッタとを備える。一对の線に対応するエミッタ縁は逆メサ構造であり、一对の別の線に対応するエミッタ縁は順メサ構造であることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、エミッタは、エミッタのための半導体領域の結晶軸〔0 1 1〕方向に沿って上記の第1の軸が伸びるように設けられていると好ましい。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施形態】

以下、本発明によるバイポーラトランジスタの製造方法の好適な実施形態について説明する。特に、III-V族化合物半導体ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(Hetero junction Bipolar Transistor: HBT)を作製する場合について説明する。なお、以下の説明においては、同一の要素には同一の符号を用いることとし、重複する説明は省略する。また、図面においては、InP基板上に成長される各エピタキシャル層の層厚の比率など、寸法比率は説明のものとは必ずしも一致していない。

【 0 0 1 9 】

(第1の実施形態)

図1(a)~(f)は、第1の実施形態によるHBTの製造方法の工程の断面を示す模式図である。本実施形態の製造方法は、例えば、結晶成長工程と、メサ形成工程と、電極形成工程に分けられ、これらの工程が順次実施される。

【 0 0 2 0 】

(結晶成長工程)

先ず、結晶成長工程において、有機金属化学気相堆積(Metal Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)装置を用いて、半絶縁性InP基板2の(100)面上に、サブコレクタ層3、コレクタ層4、ベース層5、及びエミッタ層6

を順次エピタキシャル成長する（図 1 (a)）。図 2 には、各層 3～6 の材料、導電型、添加された不純物、キャリア濃度、及び膜厚を例示的に示す。以下の説明では、サブコレクタ層 3、コレクタ層 4、及びベース層 5 は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ より構成される。その組成比 x は InP 基板 2 に対して格子整合するように選択され、好ましくは 0.57 である。ここで、格子整合とは、格子定数の差が概ね $+0.1 \sim -0.1\%$ の場合を意味する。

【0021】

上記各層 3～6 のエピタキシャル成長に用いる原料としては、トリエチルガリウム (Triethyl Gallium: TEGa)、トリメチルインジウム (Trimethyl Indium: TMI n)、アルシン (AsH_3)、及びホスフィン (PH_3) を用いることができる。各層 3～6 の成長時には、これらの原料を適宜組み合わせ、MOCVD 装置のチャンバに供給するようにし、さらに原料の供給量を適宜調整することによって所定の組成比を有する各層 3～6 を得る。また、各層 3～6 の成長温度は適宜設定されて良いが、結晶性を考慮すれば、いずれの層についても $600^\circ\text{C} \sim 750^\circ\text{C}$ が好ましい。

【0022】

半導体層 3, 4, 6 は n 型導電性を示す。その成長時には、所定のキャリア濃度を得るようにドーピング原料 SiH_4 が所定の流量にて供給される。また、エミッタ層 6 は、傾斜型不純物プロファイルを有するようにできる。このためには、エミッタ層 6 の成長時にドーパント SiH_4 の供給量を漸次増加させる。これにより、エミッタ層 6 のキャリア濃度は、ベース層 5 との界面に隣接する領域で低く（例えば、 $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、ベース層 5 から離れるにしたがって高く（例えば、 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度まで）なるように変化する。キャリア濃度を高くすることにより、エミッタ層 6 上に形成されるエミッタ電極 16 とエミッタ層 6 とのオーム性接触が容易に実現される。

【0023】

また、 p 型導電性であるベース層 5 の成長時にはジエチル亜鉛 (Diethyl Zinc: DEZn) を所定の流量にて供給する。また、 DEZn に替わって四臭化炭素 (CBr_4) を用い、アクセプタ不純物として炭素 (C) をベース層 5 に添加するよう

にしても良い。こうすればベース層 5 の正孔濃度をより高くすることができ、そのため、HBT の高周波特性をより向上し得る。

【 0 0 2 4 】

(メサ形成工程)

次いで、メサ形成工程には、エミッタ領域 6 0 を形成するエミッタメサ形成工程と、ベースコレクタメサ部 4 5 を形成するベースメサ形成工程から成る。まず、エミッタメサ形成工程について説明する。

【 0 0 2 5 】

I n P 基板 2 上のエミッタ層 6 上にレジスト膜を形成する。続けて、所定のパターンを有するフォトマスク(マスク)を用いたフォトリソグラフィにより、レジスト膜に所定のパターンを形成する。これにより、エミッタ層 6 上に所定の形状のエッチングマスク(マスク層)が形成される。

【 0 0 2 6 】

ここで、エッチングマスクを形成するのに用いたフォトマスクのパターンについて、図 3 を参照して説明する。図 3 は、フォトマスクのパターンを示す平面図である。フォトマスクは、エッチングによりエミッタ領域 6 0 を形成するに際にして、エミッタ層 7 上に形成されるエッチングマスクを形成するために用いる。パターン 1 0 は、同図に示すように、実質的には、領域 R (第 1 の平面領域)と複数の領域 $T_1 \sim T_4$ (第 2 の平面領域)とが組み合わされて構成される。ここで、領域 R は、図中に示す x 方向に伸びる一対の線と、x 方向と直交する y 方向に伸びる一対の別の線とで画定される矩形である。また、領域 $T_1 \sim T_4$ の各々は、鋭角を形成する辺 S_1 , S_2 と、この鋭角と向かい合う辺 S_3 (点線)とにより画定される。さらに、領域 $T_1 \sim T_4$ は直角二等辺三角形であり、辺 S_1 と辺 S_3 との長さが互いに等しく、また辺 S_1 と辺 S_3 となす角は 90° である。

【 0 0 2 7 】

領域 $T_1 \sim T_4$ は、領域 R の 4 つの角に合せるように配置されている。図 3 に示されるように、領域 T_1 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{11} と接している。また、辺 S_1 は、x 方向に伸びる一対の線的一方と重なり合う、つまり、領域 R の辺 S_{12} と繋げられ線分を形成する。領域 T_4 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{13} と接しており、辺 S_1 は

領域Rの辺 S_{12} と繋げられ線分を形成する。また、領域 T_2 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{11} と接している。領域 T_2 の辺 S_1 は、x方向に伸びる一対の線の方と重なり合う、つまり、領域Rの辺 S_{14} と繋げられ線分を形成する。領域 T_3 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{13} と接しており、辺 S_1 は、領域Rの辺 S_{14} と繋げられ線分を形成する。

【0028】

また、実際にレジスト膜に対して露光を行なう際には、上記のパターン10は、y方向、言い換えると領域Rの辺 S_{11} 、 S_{13} が結晶方位の〔011〕方向に沿うように配置される。そして、所定のフォトリソグラフィの手順を経ると、図3に示すフォトマスクのパターン10と同一の形状を有するエッチングマスクがエミッタ層6上に形成される。

【0029】

エッチングマスクを形成した後に、InP基板2をエッチング液に浸し、エミッタ層6の所定の部分を除去する。このときのエッチング液としては塩酸と純水との混合液を用いると好ましい。この混合液は、InPより成るエミッタ層6に対するエッチング速度が速く、InGaAsより成るベース層5に対するエッチング速度が極めて遅いといった、いわゆるエッチング選択性を有している。また、エッチング選択性の無いエッチング液を用いることもできる。この場合には、予備的な実験を行なってエッチング速度を求めておき、このエッチング速度に基づいて決定したエッチング時間が経過した時点でエッチングを終了させる。これによって、エミッタ層6との所定の部分だけが除去される。以上により、エミッタ領域60が形成される(図1(b))。

【0030】

ここで、エミッタ領域60の形状について図4を参照しながら詳細に説明する。図4(a)は、エッチングにより形成されたエミッタ領域60の形状を示す平面図である。図4(b)は、図4(a)のI-I線に沿う断面図である。図4(c)は、図4(a)のII-II線に沿う断面図である。

【0031】

図4(a)を参照すると、エミッタ領域60の形状は、図3に示すエッチングマ

スクの形状とは異なり、領域R(第1の平面領域)の形状が反映された略矩形となっていることが分かる。このようにエッチングマスクの形状とは異なった形状となる理由について、本発明者らは、以下のように考えている。

【0032】

InP等の化合物半導体結晶のエッチングにおいては、その結晶構造により、結晶面によってエッチング速度が異なる。図3で説明すると、領域 $T_1 \sim T_4$ の辺 S_2 (斜辺)と直交する方向へはエッチングが相対的に速く進み、領域Rの各辺と直交する方向へはエッチングが相対的に遅く進む傾向にある。

【0033】

エッチングを開始すると、エミッタ層6はエッチングマスクに覆われていない部分がエッチングされる。つまり、エッチングマスクと略同一の形状以外のエミッタ層6がエッチングされていく。エッチングが進み辺 S_2 に沿った結晶面が現われると、この結晶面のエッチング速度が速いため、この方向へのエッチングは相対的に速く進んでいく。そのため、領域 T_1 の下部のエミッタ層6においては、領域 T_1 の辺 S_1 及び S_3 に沿った辺が短くなっていく。そして、エッチングが更に進んでいくと、エミッタ層6のこの領域 T_1 に対応する三角形の領域は消失してしまう。同様のことが、4つの領域 $T_1 \sim T_4$ の位置において生じるため、形成されたエミッタ領域60の平面形状は、領域R(第1の平面領域)の形状が反映された略矩形となる。

【0034】

また、エッチング後のエミッタ領域60の断面形状については、図4(b)に示す通り、結晶方位の $[011]$ 方向に沿って伸びる縁では逆メサ構造となり、図4(c)に示す通り、 $[01\bar{1}]$ 方向に沿って伸びる縁では順メサ構造となる。後述するように、ベース電極15は、ベース領域50上面において、エミッタ領域60の $[011]$ 方向の縁に沿うように形成される。この縁には逆メサ構造が形成されるため、エミッターベース間の漏洩電流の発生を容易に抑止し得る。また、エミッタの側面には逆メサ構造が形成されるので、エミッタ電極16とベース電極15とを同じ工程、すなわち自己整合プロセスにより形成できるという利点も得られる。

【0035】

さらに、エミッタ領域60の〔01-1〕方向に沿って伸びる縁には順メサ構造が形成されているため、後述のように、同方向に延在するよう設けられる引き出し配線に加わる応力が低減され得る。

【0036】

以上でエミッタ領域60を形成するエミッタメサ形成工程が終了する。これ以降、ベース層5及びコレクタ層4の所定の部分を除去してサブコレクタ層3の一部分を露出させるとともに、ベースコレクタメサ部を形成するベースメサ形成工程を実施する。

【0037】

エミッタ領域60が設けられたInP基板2上にレジスト膜を形成する。その後、フォトリソグラフィにより、レジスト膜に所定パターンを形成する。これにより、所定パターンを有するエッチング用マスクがエミッタ層6上に形成される。このエッチング用マスクは、一対の辺が〔011〕方位と平行な矩形形状であり、エミッタ領域60を覆っている。

【0038】

続けて、上記のエッチング用マスクを用いてエッチングを行う。このとき使用するエッチング液は、硫酸(H_2SO_4)と過酸化水素水(H_2O_2)と純水(H_2O)とが、 $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=1:1:500$ の比率で混合された混合液である。エッチング量(深さ)は、エッチング時間により決定される。このエッチング時間とは、サブコレクタ層3が露出するのに要する所定の時間であり、予備実験等から求めておく为好ましい。また、コレクタ層4だけでなく、サブコレクタ層3の上層部(コレクタ層4との界面側)の100nm程度をもエッチングするようになれば、なお好適である。これにより、コレクタ層4が確実に除去され得る。

【0039】

このエッチングにより、エッチング用マスクの開口部が設けられているベース層5及びコレクタ層4が除去され、サブコレクタ層3が露出する。この後、残存するエッチングマスク(レジスト)をアッシング等により除去すると、矩形のベースコレクタメサ部45が得られる。

【 0 0 4 0 】

更に続けて、アイソレーション工程を行なう。すなわち、フォトリソグラフィとエッチングとによりサブコレクタ層 3 の所定の部分を除去し、その上部にベースコレクタメサ部 4 5 を有するサブコレクタメサを形成する。これにより、I n P 基板 2 上に形成される複数個の H B T が互いに電氣的に分離される（図 1 (c)）。

【 0 0 4 1 】

（電極形成工程）

以上のメサ形成工程が終了した後に、電極形成工程を実施する。アイソレーション加工まで終了した I n P 基板 2 上には、コレクタ領域 4 0、ベース領域 5 0、及びエミッタ領域 6 0 が形成されている。先ず、これらの各領域の上に絶縁膜（例えば、窒化ケイ素 Si_3N_4 、以下 SiN ）を CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により形成する。続けて、 SiN 膜上にレジストを塗布した後、エッチング用マスクを形成する。エッチング用マスクは、コレクタ領域 4 0、ベース領域 5 0、及びエミッタ領域 6 0 上に所定の形状の開口部を有する。次に、プラズマエッチングを行なうと、エッチング用マスクに覆われていない SiN 膜が除去されるので、コレクタ領域 4 0、ベース領域 5 0、及びエミッタ領域 6 0 に達するコンタクトホールが SiN 膜に形成される。

【 0 0 4 2 】

プラズマエッチング終了後、各領域 6 0、5 0、4 0 に達する開口部を有するレジスト膜上に、チタン (T i)、白金 (P t)、及び金 (A u) といった金属膜を順に堆積する。このとき、エミッタ領域 6 0 及びベース領域 5 0 に対するコンタクトホールは、エミッタ領域 6 0 からベース領域 5 0 にわたって形成されている。エミッタ領域 6 0 の [0 1 1] 方向に伸びる縁には逆メサ構造が形成されているため、これらのエミッタ縁に沿ったベース領域 5 0 上には、金属膜は堆積されない。このような金属膜が堆積されないことによって、エミッタ電極 1 6 とベース電極 1 5 とが確実に分離され得る。また、この電極のための金属膜を堆積する際、金属原子等が I n P 基板 2 に対して略垂直に入射するような堆積方法を採用するのが好ましい。この方法には、例えば、真空蒸着法がある。これにより、ベー

ス電極 1 5 とエミッタ電極 1 6 とが一層確実に分離され得る。

【 0 0 4 3 】

金属膜は、エッチング用マスク(レジスト膜)上に形成されているので、レジスト膜を剥離することにより不要な金属膜が除去される。これにより、エミッタ電極 1 6、ベース電極 1 5、及びコレクタ電極 1 4 がリフトオフ法により形成される(図 1 (d))。なお、これら各電極は、半導体領域上に形成され、この各領域又は層のキャリア濃度はいずれも $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上と十分に高いため、アロイプロセスといった熱処理がない場合でも半導体領域へのオーム性接触が容易に実現される。

【 0 0 4 4 】

次に、InP 基板 2 上に、各電極 1 6、1 5、1 4 を覆うように、シリコンオキシナイトライド(SiON)といった絶縁膜 1 2 を CVD 法により堆積する。そして、この絶縁膜 1 2 上に、レジスト/酸化ケイ素(SiO_2) /レジストからなる 3 層の多層膜を形成した後、この多層膜に、所定の開口部を形成する。この開口部は、コレクタ電極 1 4 及びベース電極 1 5 に対する引き出し配線 2 4 及び 2 5 を形成するために利用される。続けて、上記の開口部を有する多層膜をマスクとして絶縁膜 1 2 のエッチングを行ない、引き出し配線 2 4、2 5 用のスルーホールを形成する。さらに、A1 膜といった金属膜を形成する。この後、3 層リフトオフ法により、絶縁膜 1 2 上に残しておいたレジスト膜を剥離することにより、このレジスト膜上の金属膜が除去される。これにより、引き出し配線 2 4、2 5 が形成される(図 1 (e))。

【 0 0 4 5 】

この後、SiON といった絶縁膜 1 3 を再び InP 基板 2 上に形成する。そして、引き出し配線 2 4、2 5 を形成した手順と同様の方法により、引き出し配線 2 6 を形成する(図 1 (f))。以上の工程により、HBT 1 が得られる。

【 0 0 4 6 】

次に、本実施形態の製造方法により作製した HBT 1 の利点について説明する。図 5 (a) は、以上のようにして作製した HBT 1 の平面図である。図 5 (b) は、図 5 (a) における III-III 線に沿った断面図である。

【 0 0 4 7 】

今、従来の H B T の平面形状を示す図 7 (a) と図 5 (a) とを比較すると以下のことが分かる。従来の H B T においては、エミッタ領域 6 0 が六角形であるため、エミッタ領域 6 0 に覆われていない部分、例えば図 7 (a) 中に記号 A で示す部分が生じている。一方、本実施形態による H B T 1 では、そのような部分はない。

【 0 0 4 8 】

発明者らの知見によれば、従来の製造方法による H B T に見られる部分 A は、電流の増幅には実質的に寄与しないばかりでなく、ベースーコレクタ間容量を増大させる。その結果、H B T の高周波特性が悪化してしまう。

【 0 0 4 9 】

また、従来の H B T において、ベース領域の形状をエミッタ領域の形状に合わせて六角形にすれば、上記の部分 A のような電流増幅に寄与しない部分は殆ど存在しない。しかしながら、所定の面積を有するエミッタ領域を得ようとする場合、矩形型のエミッタ領域に比べ、六角形型のエミッタ領域は長手方向の長さが長くなる。そのため、H B T を小型化が妨げられてしまうことになる。

【 0 0 5 0 】

これに対し、本実施形態の製造方法により作製した H B T 1 では、エミッタ領域 6 0 が略矩形とし得る。このため、従来の H B T のように、ベース領域 5 0 を広く形成する必要はない。そのため、ベースーコレクタ間容量を低減でき、高周波特性の悪化を抑止することができる。しかも、H B T のサイズも小さくし得る。

【 0 0 5 1 】

また、図 5 (a) に示す通り、エミッタ電極 1 6 と接続する引き出し配線 2 6 は、略矩形を成すエミッタ領域 6 0 の短辺を通過するように延在している。この短辺には順メサ構造が形成されているため、引き出し配線 2 6 はこの短辺において鈍角を成して折れ曲がっている。このようなに折れ曲がる場合には、引き出し配線 2 6 に大きな応力がかかることはない。そのため、引き出し配線 2 6 の信頼性を向上でき、スクリーニング検査といった検査工程が簡略化され得る。

【 0 0 5 2 】

さらに、エミッタ領域 6 0 の長辺には、逆メサ構造が形成されているため、エミッタ電極 1 6 とベース電極 1 5 とが確実に分離され、エミッターベース間の漏洩電流を効果的に抑止できる。

【 0 0 5 3 】

本実施形態の製造方法により作製した H B T 1 が上述の利点を有しているのは、エミッタ領域 6 0 が一対の辺が〔 0 1 1 〕方向に沿い、且つその形状が矩形となるよう形成されていることにある。略矩形のエミッタ領域 6 0 が得られるのは、エミッタ領域 6 0 の形成に際して、図 3 に示すパターン 1 0 を有するマスクを用いてエッチングマスクを形成し、エッチングを行なっているためである。このことから、本実施形態の製造方法が奏する優れた効果が理解される。

【 0 0 5 4 】

次に、本発明による他の実施形態について説明する。これらの実施形態においては、エミッタ領域 6 0 をエッチングにより形成する工程以外の他の各工程、及び作製される H B T が奏する効果等は同一である。よって、以下では、エミッタメサ形成工程においてエッチングマスクを形成するために用いられるフォトマスク、特に、フォトマスクが有するパターンについて説明する。

【 0 0 5 5 】

(第 2 の実施形態)

図 6 (a) は、第 2 の実施形態において用いられるフォトマスクが有するパターン 1 0 2 の平面図である。パターン 1 0 2 では、図 6 (a) に示す通り、領域 T_1 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{12} と接しており、辺 S_1 は領域 R の辺 S_{11} と繋げられ線分を形成する。領域 T_2 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{14} と接しており、辺 S_1 は領域 R の辺 S_{11} と繋げられ線分を形成する。領域 T_3 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{14} と接し、領域 T_3 の辺 S_1 は領域 R の辺 S_{13} と繋げられ線分を形成する。領域 T_4 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{12} と接しており、辺 S_1 は領域 R の辺 S_{13} と繋げられ線分を形成する。

【 0 0 5 6 】

このような形状のパターン 1 0 2 を有するフォトマスクを用い、領域 R の辺 $_{11}$

が〔0 1 1〕方向に沿うようにして、エミッタ層6の上にエッチングマスクを形成する。そして、第1の実施形態で説明したエッチング方法によりエッチングを行なう。これにより、矩形のエミッタ領域60が得られる。

【0057】

(第3の実施形態)

図6(b)は、第3の実施形態におけるフォトマスクが有するパターン103を示す平面図である。パターン6では、図6(b)に示される通り、領域 T_1 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{11} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{12} と繋げられ線分を形成する。領域 T_2 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{11} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{14} と繋げられ線分を形成する。領域 T_3 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{14} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{13} と直線的に連続している。領域 T_4 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{12} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{13} と繋げられ線分を形成する。すなわち、領域 $T_1 \sim T_4$ の各々の辺 S_1 に着目すれば、領域 T_1 及び領域 T_2 の辺 S_1 は、x方向に伸びる一対の線のそれぞれと重なり合い、領域 T_3 及び T_4 の辺 S_1 は、y方向に伸びる一対の線の一方と重なり合っている。

【0058】

このような形状のパターン103を有するフォトマスクを用い、領域Rの辺 11 が〔0 1 1〕方向に沿うようにして、エミッタ層6の上にエッチングマスクを形成する。そして、第1の実施形態で説明したエッチング方法によりエッチングを行なう。こうすれば、矩形のエミッタ領域60が得られる。

【0059】

(第4の実施形態)

図7(a)は、第4の実施形態において用いられるフォトマスクが有するパターン104の平面図である。パターン104では、図7(a)のように、領域 T_1 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{12} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{11} と繋げられ線分が形成される。領域 T_2 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{11} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{14} と繋げられ線分が形成される。領域 T_3 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{13} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{14} と繋げられ線分が形成される。領域 T_4 の辺 S_3 は領域Rの辺 S_{12} と接し、辺 S_1 は領域Rの辺 S_{13} と繋げられ線分が形成される。すなわち、領域 $T_1 \sim$

T_4 の各々の辺 S_1 に着目すれば、領域 T_1 及び領域 T_4 の辺 S_1 は、 y 方向に伸びる一対の線のそれぞれと重なり合い、領域 T_2 及び T_3 の辺 S_1 は、 x 方向に伸びる一対の線の一方と重なり合っている。

【 0 0 6 0 】

このようなパターン 1 0 4 を有するフォトマスクを用い、領域 R の辺 $_{11}$ が〔 0 1 1 〕方向に沿うようにして、エミッタ層 6 の上にエッチングマスクを形成する。そして、第 1 の実施形態で説明したエッチング方法によりエッチングを行なう。こうすることにより、矩形のエミッタ領域 6 0 が得られる。

【 0 0 6 1 】

(第 5 の実施形態)

図 7 (b) は、第 5 の実施形態において用いられるフォトマスクが有するパターン 1 0 5 の平面図である。パターン 1 0 5 では、図 7 (b) のように、領域 T_1 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{11} と接し、辺 S_1 は領域 R の辺 S_{12} と繋げられ線分を形成する。領域 T_2 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{14} と接し、辺 S_1 は領域 R の辺 S_{11} と繋げられ線分を形成する。領域 T_3 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{13} と接し、辺 S_1 は領域 R の辺 S_{14} と繋げられ線分を形成する。領域 T_4 の辺 S_3 は領域 R の辺 S_{12} と接し、辺 S_1 は領域 R の辺 S_{13} と繋げられ線分を形成する。すなわち、領域 $T_1 \sim T_4$ の辺 S_1 のそれぞれは、 x 方向に伸びる一対の線と y 方向に伸びる一対の線とのそれぞれと重なり合っている。

【 0 0 6 2 】

このような形状のパターン 1 0 5 を有するフォトマスクを用い、領域 R の辺 $_{11}$ が〔 0 1 1 〕方向に沿うようにして、エミッタ層 6 の上にエッチングマスクを形成する。そして、第 1 の実施形態で説明したエッチング方法によりエッチングを行なう。このようにしても、エミッタ領域 6 0 の平面形状は矩形とし得る。

【 0 0 6 3 】

以上、いくつかの実施の形態に基づいて、本発明によるバイポーラトランジスタの製造方法を説明した。明らかなように、本発明は上記実施形態に限定されることなく種々の変形が可能である。例えば、領域 $T_1 \sim T_4$ の辺 S_1 、 S_3 の長さは適宜設定されて良い。また、領域 $T_1 \sim T_4$ は直角二等辺三角形に限らず適宜変更

しても構わない。予備実験等を行なうことにより、所定の深さのエッチングを終了したときに、エミッタ領域 60 の形状が略矩形となるようエッチングマスク上のパターン形状を最適化すると好ましいことは言うまでもない。なお、形成されるエミッタ領域 60 の形状は、正方形であっても構わない。

【0064】

また、上記の実施形態では、図 3、図 6(a)、(b)及び図 7(a)、(b)に示すパターンを有するフォトマスクを用いて、所定のエッチングマスクを形成するようにしたが、複数のフォトマスクを用いて所定のエッチングマスクを形成しても構わない。

【0065】

上記実施形態においては、エミッタ領域 60 の形成に使用したエッチングマスクはレジスト膜で形成したが、金属、 WSi 等のシリサイド膜、又は SiO_2 若しくは SiN_x 等の誘電体膜で形成されても良い。

【0066】

また、層 3～6 の堆積には MOCVD 法を用いたが、これに限られるものではなく、他の気相エピタキシー法、CBE (Chemical Beam Epitaxy) 法、及び液相エピタキシー法などを採用しても良い。また、コレクタベースメサ部及びコンタクトホール等の形成に用いるエッチング方法は、上記実施形態の方法に限らず、適宜適切な方法を採用して良い。

【0067】

さらにまた、本発明によるバイポーラトランジスタの製造方法は、上記の InP 基板上に形成される HBT に限らず、GaAs 基板上に形成される GaAs/AlGaAs 系、或いは GaAs/InGaP 系の HBT など様々なバイポーラトランジスタの作製に好適に適用し得る。

【0068】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、第 1 の平面領域と複数の第 2 の平面領域とを有するマスクを用いるので、第 1 の平面領域に対応した形状のエミッタ領域をウェットエッチングにより形成し得る。そのため、高周波特性に優れた HB

Tを作製する方法及びHBTが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 (a)～(f)は、第 1 の実施形態による HBT の製造方法の工程の断面を示す模式図である。

【図 2】

図 2 は、エピタキシャル成長される各層の材料、導電型、添加された不純物、キャリア濃度、及び膜厚を示す図である。

【図 3】

図 3 は、フォトマスクのパターンを示す平面図である。

【図 4】

図 4 (a)は、エッチングにより形成されたエミッタ領域の形状を示す平面図である。図 4 (b)は、図 4 (a)の I - I 線に沿う断面図である。図 4 (c)は、図 4 (a)の II - II 線に沿う断面図である。

【図 5】

図 5 (a)は、本実施形態の製造方法により作製した HBT の平面図である。図 5 (b)は、図 5 (a)における III - III 線に沿った断面図である。

【図 6】

図 6 (a), (b)は、フォトマスクが有するパターンの他の形状を示す平面図である。

【図 7】

図 7 (a), (b)は、フォトマスクが有するパターンの更に他の形状を示す平面図である。

【図 8】

図 8 (a)は、従来の HBT の一例構造を示す平面図である。図 8 (b)は、図 8 (a)における IV - IV 線に沿った断面図である。

【符号の説明】

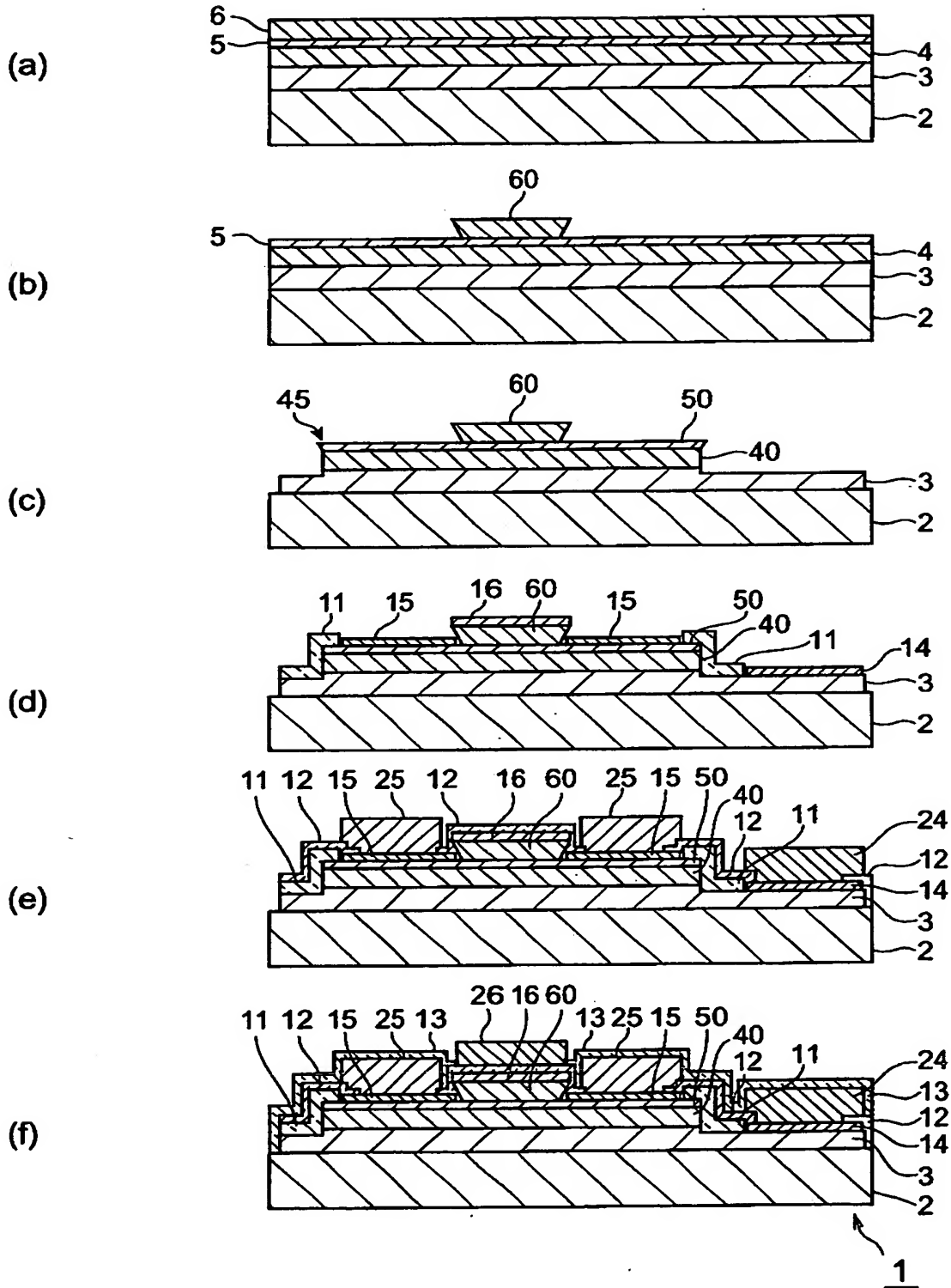
1 … HBT、2 … InP 基板、3 … サブコレクタ層、4 … コレクタ層、5 … ベース層、6 … エミッタ層、14 … コレクタ電極、15 … ベース電極、16 … エミ

ツタ電極、24, 25, 26…引き出し電極、40…コレクタ領域、50…ベース領域、60…エミッタ領域、10…パターン、R…領域、 $T_1 \sim T_4$ …領域、 S_1 , S_2 , S_2 …辺。

【書類名】

図面

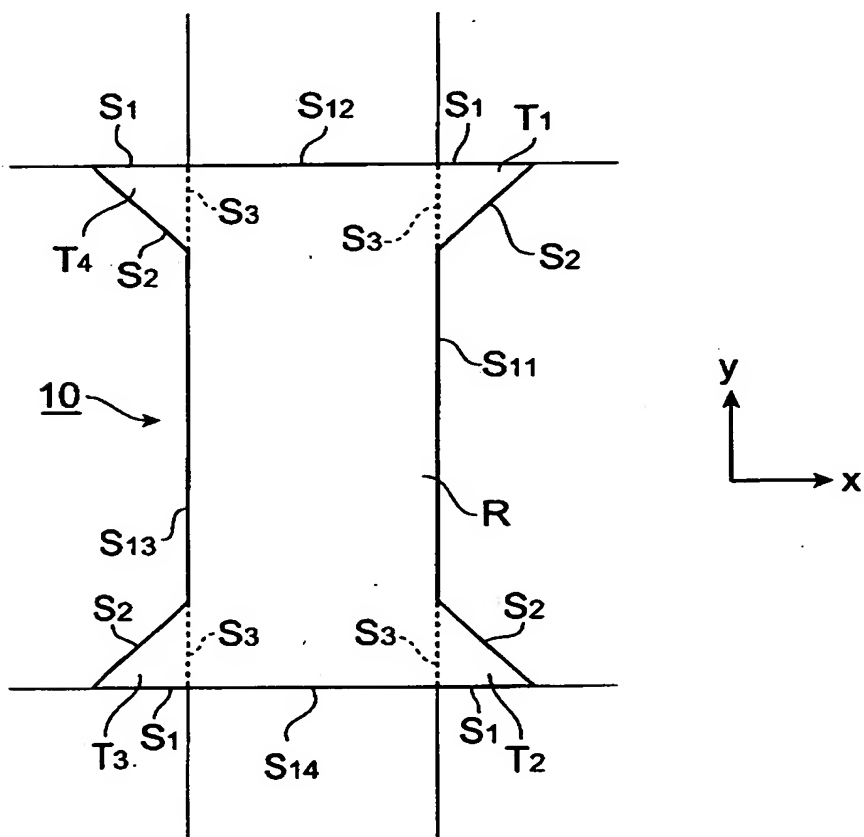
【図 1】



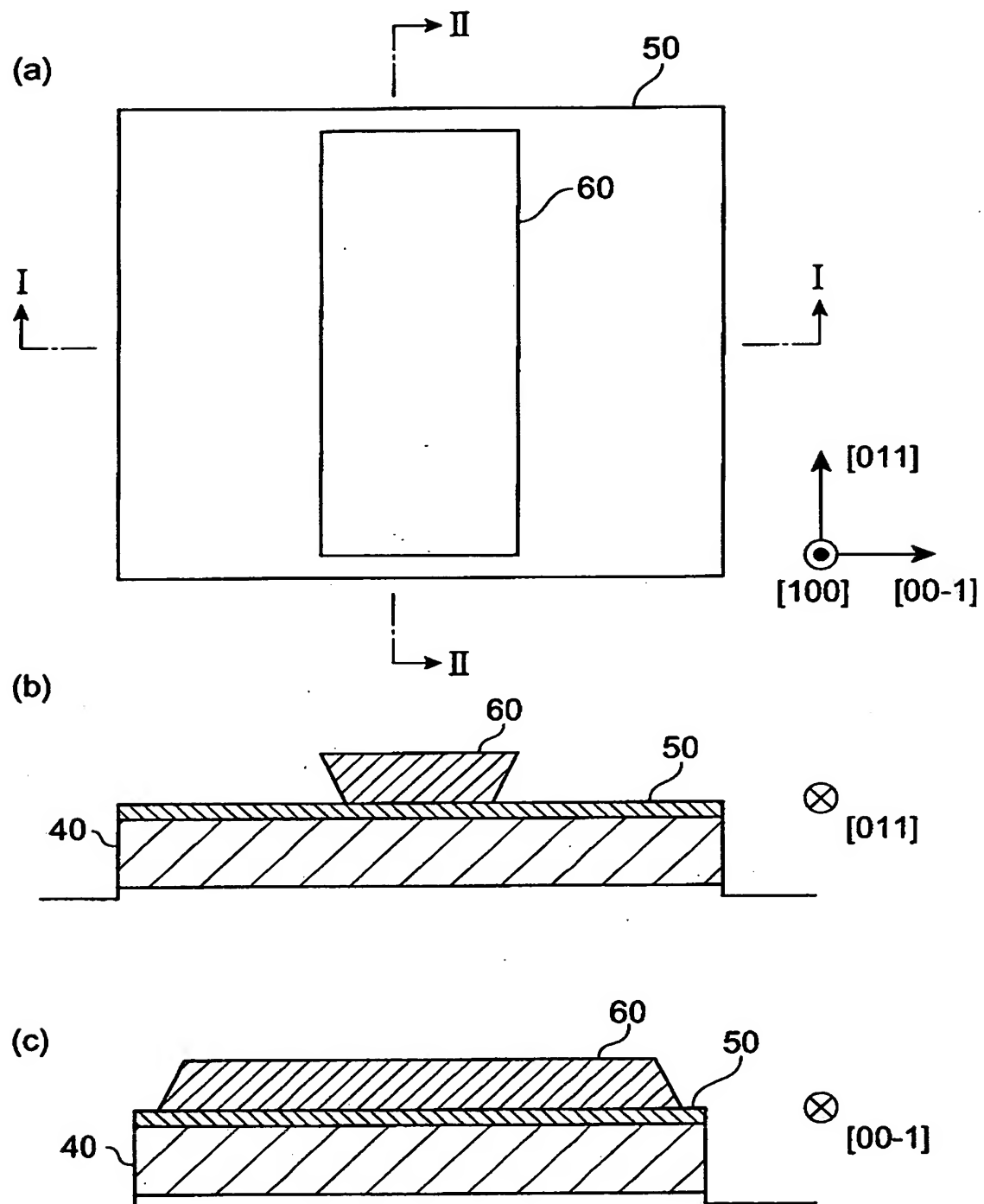
【図2】

層 名	材料	導電型	不純物	キャリア濃度 (cm^{-3})	膜厚 (nm)
エミッタ層6	InP	n	Si	$4\sim 20 \times 10^{18}$	250
ベース層5	InGaAs	p^+	Zn	4×10^{19}	50
コレクタ層4	InGaAs	n	Si	5×10^{16}	500
サブコレクタ層3	InGaAs	n^+	Si	1×10^{19}	300

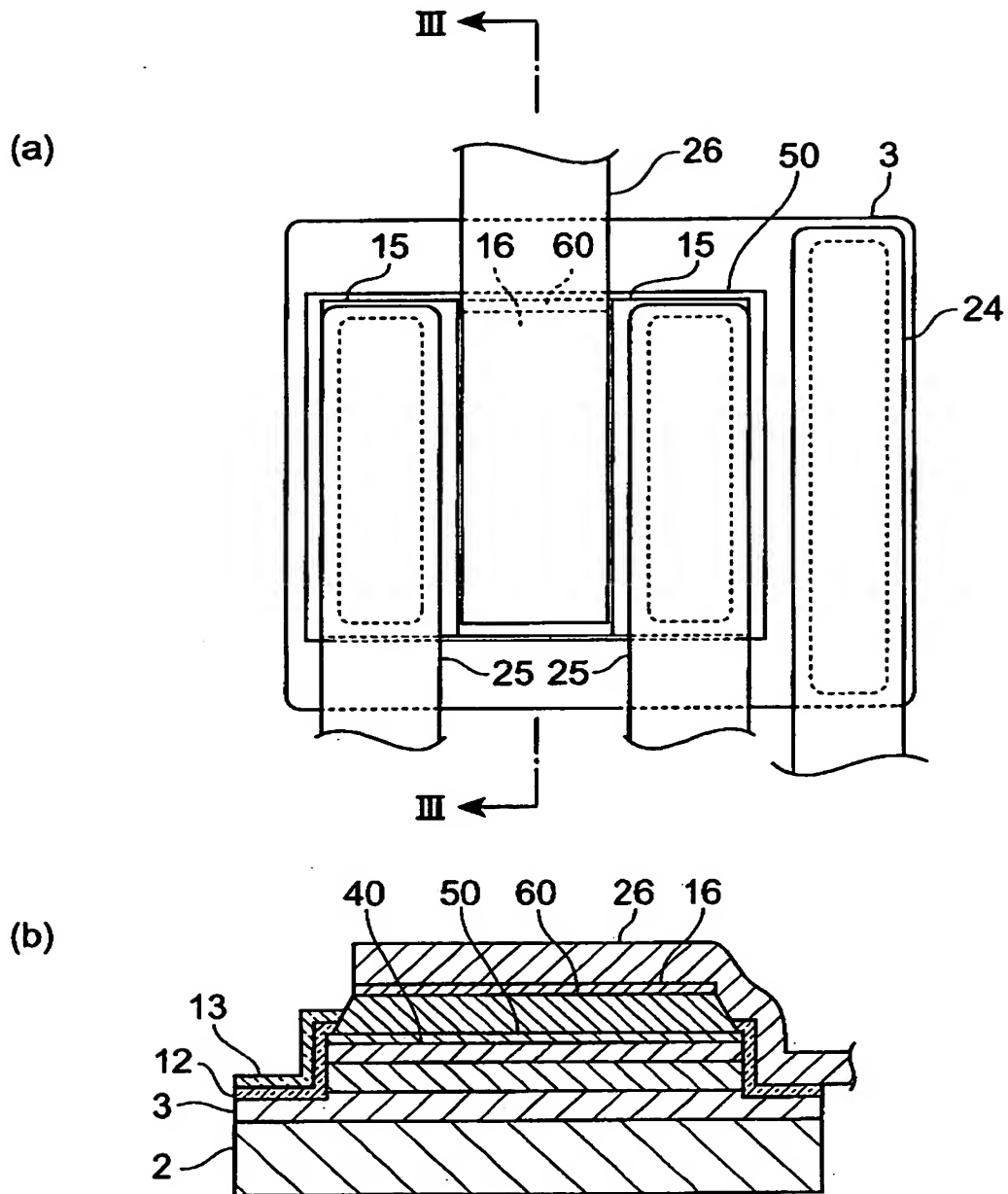
【図3】



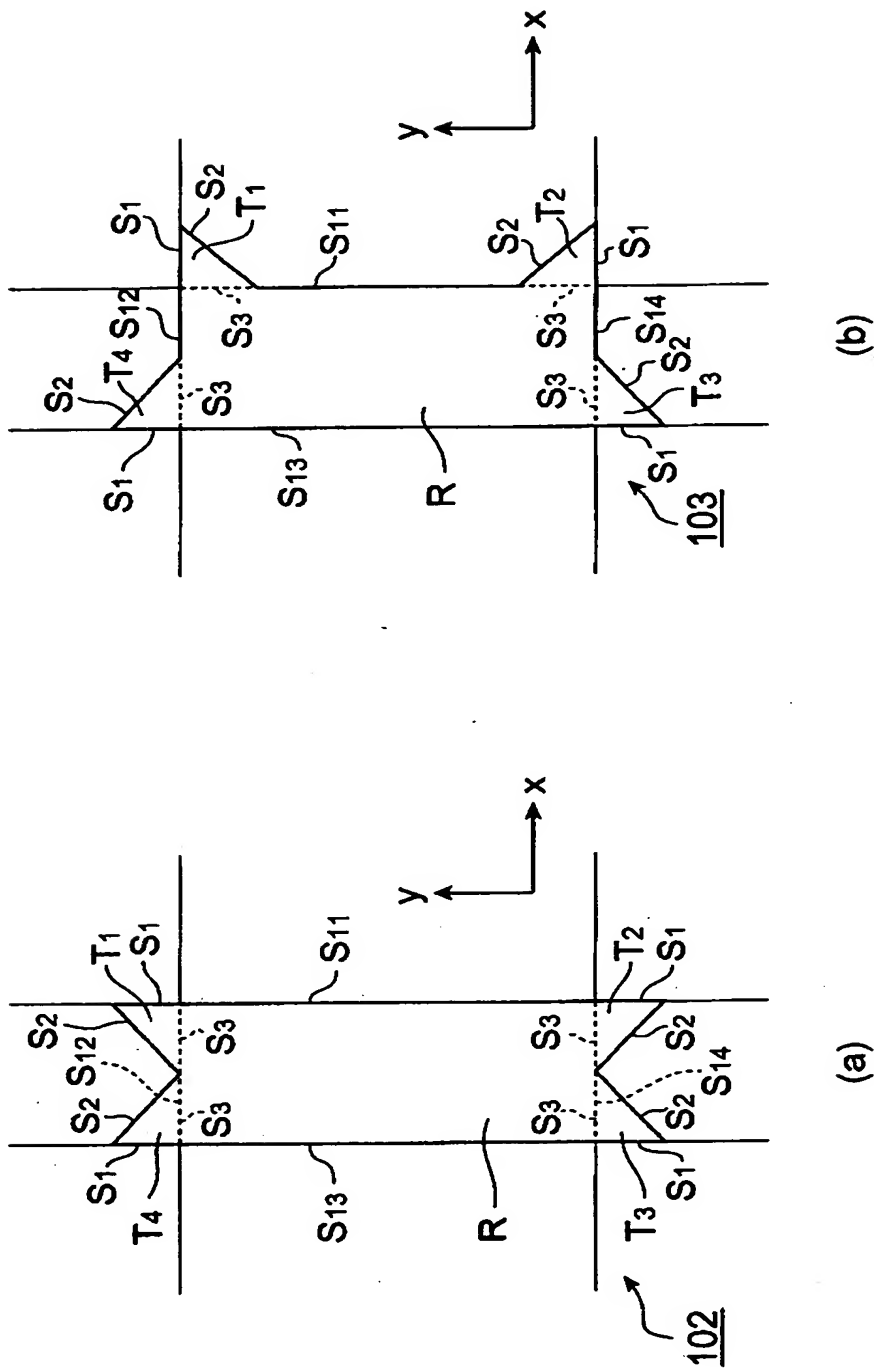
【図 4】



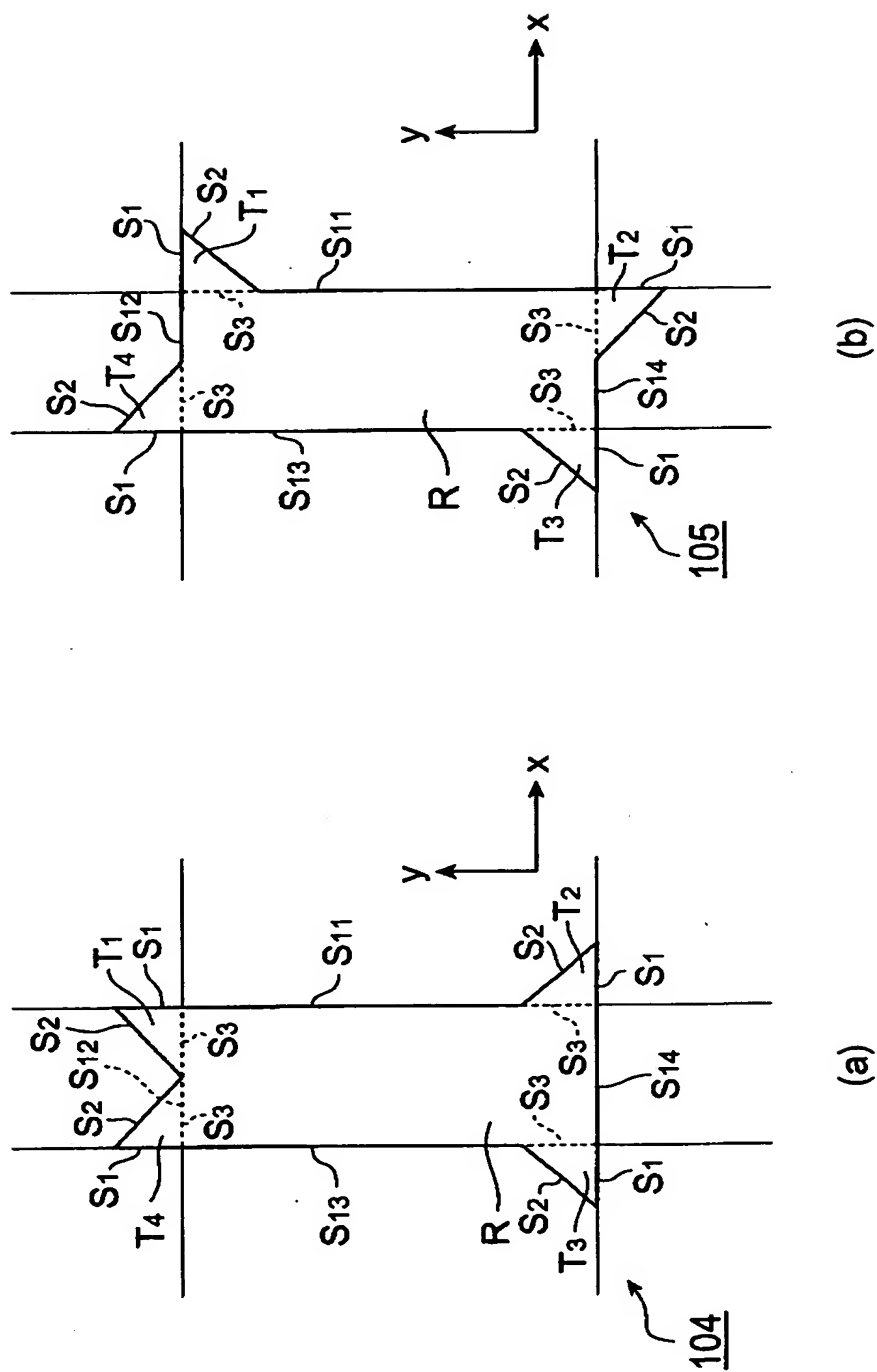
【図 5】



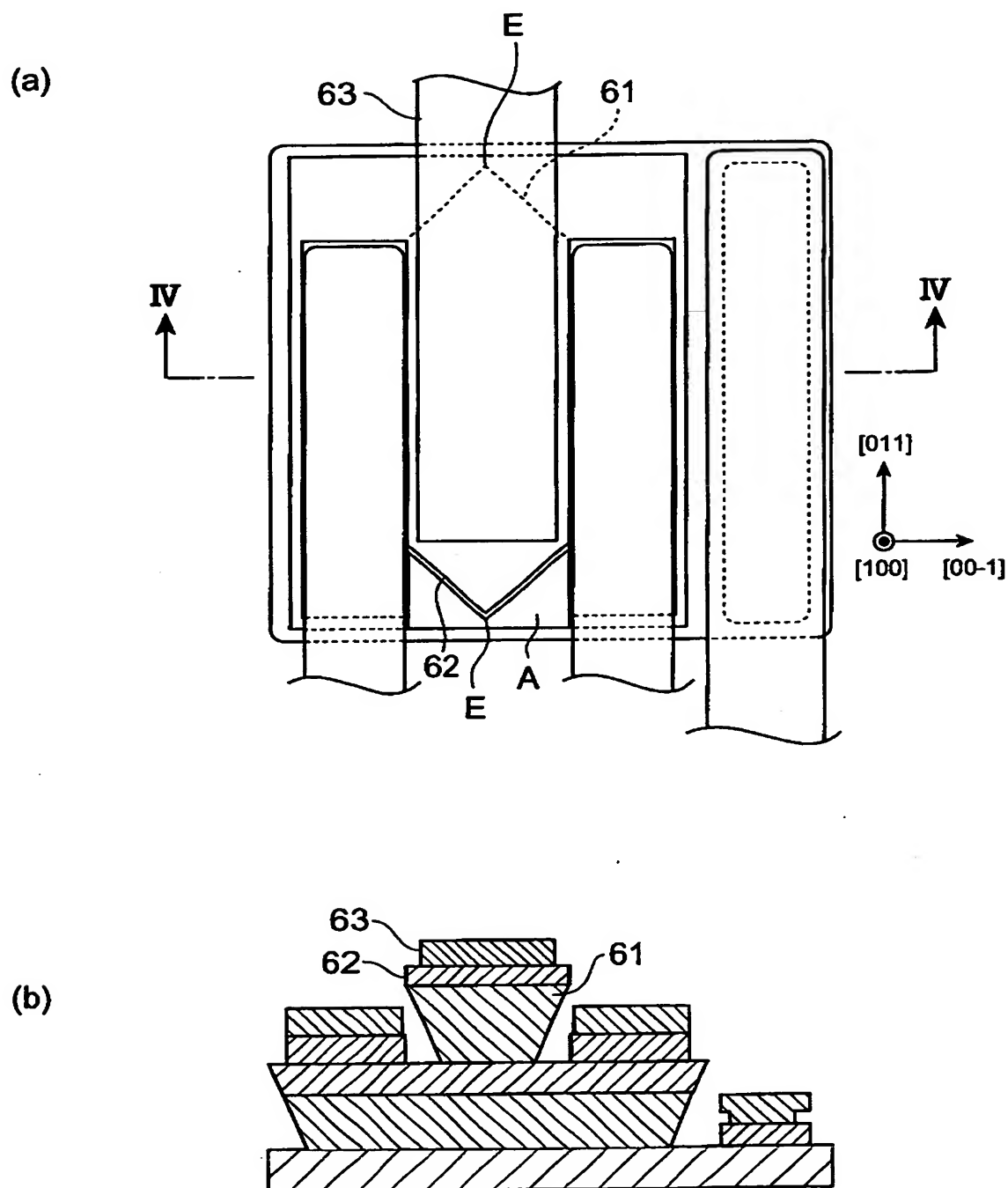
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高周波特性に優れた H B T を作製する方法を提供する。

【解決手段】 エミッタ領域形成用のエッチングマスクを形成する際に用いられるフォトマスクは、領域 R と領域 $T_1 \sim T_4$ が組み合わされたパターンを有している。この領域 $T_1 \sim T_4$ は、例えば領域 T_1 について説明すると、直角を成す 2 つの辺のうち一方の辺 S_3 が領域 R の辺 S_{11} と接しており、また他方の辺 S_1 が領域 R の S_{11} と直角を成す辺 S_{12} と繋げられ線分を形成している。このような形状のパターンを有するエッチングマスクを用い、領域 R の辺 S_{11} が $[011]$ 方向に沿うようにしてエッチングマスクを配置し、エッチングを行なうと矩形状のエミッタ領域が得られる。これにより、ベース領域の面積を低減でき、その結果、高周波特性が向上された H B T が得られる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
氏 名	住友電気工業株式会社